Aus dem LVI. Bde. d. Sitzb. d. Akad. d. Wissensch. II. Abth. Juli-Heft. Jahrg. 1867.

Über Entwicklung und Wachsthum der Sehne.

Von **Heinrich Obersteiner** stud. med.

Aus dem physiologischen Institute zu Wien.

(Mit 1 Tafel.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 18. Juli 1867.)

Seitdem Schwann den histologischen Arbeiten eine vorzugsweise genetische Richtung gegeben, hat man sich nun allgemein mit der Idee befreundet, die wahre Beschaffenheit der meisten Gewebe, nur aus ihrer Entwicklung richtig erkennen zu wollen. Zahlreiche histogenetische Arbeiten sind daher in den letzten Jahrzehnten entstanden, und vielleicht auf keinem Gebiete mehr und mit abweichenderen Resultaten, als in der Frage um die Entwicklung des fibrillären Bindegewebes.

Der erste und wichtigste Punkt, in dem die Meinungen der verschiedenen Beobachter schon auseinandergingen, war die Beantwortung der Frage, woraus denn die Fibrillen des Bindegewebes entstünden.

Die einen, und unter ihnen zuerst Schwann [1]), erklärten die in den ersten Entwicklungsstadien runden Bildungszellen, die andern aber, die zwischen diesen Zellen befindliche Grundsubstanz für dasjenige, aus dem sich die Fasern entwickelten.

Schwann nämlich sagte, daß die Bildungszellen nach beiden Seiten Fortsätze trieben, die sich dann von der Spitze aus gegen den Kern spalteten, und so ein Faserbündel bildeten, auf dem der Kern der früheren Zelle nur mehr aufliege.

Bald wurde aber diese Entstehungsweise der Fasern vielfach angefochten, man nahm den Zellen ihre Bedeutung als Fibrillenbildner, und schrieb ihnen ganz abweichende Zwecke, wie z. B. Bildung der sogenannten Kernfasern, zu; die eigentlichen Bindegewebsfasern aber sollten blos aus der zwischen den Zellen befindlichen structurlosen, glashellen Grundsubstanz entstanden sein; über die Art und

[1]) Mikroskopische Untersuchungen u. s. w. Berlin 1839.

Weise, wie sich dieselbe an der Bildung der Fasern betheilige, waren die Ansichten wieder verschieden.

Reichert [1]) ging sogar so weit die Existenz der Fasern gänzlich zu läugnen, und sie blos für Falten zu erklären; und noch in neuester Zeit nennt Ercolani [2]) die Fibrillen bloße Kunstproducte.

Ein eigenthümlicher Mittelweg ist der, den Baur [3]) einschlug. und den auch Henle [4]) billigt. — Es sollen nämlich die Kerne in einer homogenen Grundsubstanz eingeschlossen sein, die späterhin die Fibrillen bilde. Baur war es nicht gelungen, die Kerne mit der dazu gehörigen „Grundsubstanzschichte", die Landois [5]) richtig für Protoplasma erklärt, in einzelne Zellen zu isoliren, er läugnete daher auch, daß dieses Protoplasma streng zu dem Kerne gehöre, vielmehr gibt er diesem allein schon die Bedeutung einer Zelle, und muß daher auch die Fibrillenbildung folgerichtig von den Zellen trennen und sie auf die Grundsubstanz übertragen.

Im Jahre 1861 wurden fast zu gleicher Zeit drei Arbeiten publicirt, die zeigen, wie wenig Aussicht auf Einigung bezüglich der Bindegewebsfrage vorhanden war.

Köllicker, der sich früher in der Bindegewebsangelegenheit an Schwann angeschlossen hatte [6]), änderte plötzlich seine Ansicht und indem er sich selbst eines Irrthums anklagt, erklärt er die Bindegewebskörperchen als die einzigen zelligen Elemente des fibrillären Bindegewebes, während alle faserigen Theile ihren Ursprung in der Zwischensubstanz hätten [7]).

Als Ersatz dafür wurde den Zellen wieder ihre Bedeutung gegeben durch Max Schulze und Brücke.

Max Schulze [8]) ist ganz entschieden der Ansicht die Fasern des Bindegewebes seien directe Derivate des Protoplasma's der Bildungszellen.

---

[1]) Bemerkungen zur vergleichenden Naturforschung u. s. w. Dorpat 1845.

[2]) Memorie dell' Academia delle scienze Bologna. Seria II. Tom V. Fascic. 2 1866.

[3]) Die Entwicklung der Bindesubstanz. Tübingen 1858.

[4]) Bericht über die Fortschritte der Anatomie und Physiologie im Jahre 1866.

[5]) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. XVI. Heft 1.

[6]) Handbuch der Gewebelehre. 2. Auflage.

[7]) Neue Untersuchungen über die Entwicklung des Bindegewebes. Würzburg 1861.

[8]) Über Muskelkörperchen und das was man eine Zelle nennt. Müller's Archiv 1861.

Im gleichen Sinne sagt auch Brücke [1]), er habe sich weder an seinen eigenen Präparaten noch an denen Rollet's überzeugen können, daß die Fasermasse des Bindegewebes sich aus der Intercellularsubstanz entwickle, vielmehr haben ihn die Bilder, die er, an sich entwickelnden Sehnen, erhalten, zu der entgegengesetzten Ansicht geführt.

Diesen Forschern gegenüber vertreten noch in jüngster Zeit Henle [2]) und Kölliker [3]) ihre Ansichten, die wir oben auseinander setzten.

Das etwa ist also der Stand der Bindegewebsfrage von heute.

Ich will nun versuchen im Nachfolgenden die Resultate mitzutheilen, die mir eingehendere Beobachtungen embryonalen Sehnengewebes bezüglich der Entwicklung und des Wachsthums der Sehne ergaben.

Bevor ich aber daran gehe, will ich noch kurz das Materiale angeben, das mir zu Gebote stand, und die Art nnd Weise, wie ich es auswerthete.

Die Embryonen, deren ich eine beträchtliche Anzahl zur Verfügung hatte, waren entweder vom Schweine, 4—35 Centim. lange, oder vom Rinde (auch Büffel) 8 Centim. lang bis zu behaarten Embryonen.

Ein Hühnchen aus einem neun Tage lang bebrüteten Eie zeigte mir nur, daß auch bei den Vögeln im Allgemeinen dieselben Verhältnisse statthaben.

Von den Sehnen, die ganz frisch in Verwendung kamen, wurde ein Theil auf 5—10 Tage in K_2CrO_4 gelegt, ein anderer Theil durch Kreosot gezogen und getrocknet.

Beide Methoden ergaben ganz gleiche Resultate, doch eignet sich letztere vorzüglich zur Anfertigung dünner Längs- und Querschnitte, was bei ersterer nur leicht möglich war, wenn die Sehne in eine zum Schneiden taugliche Masse eingebettet wurde.

Als solche verwendete ich einestheils ein Gemisch von Wachs und Öl (Peremeschko), oder auch einen dicken Gummischleim,

---

[1]) Die Elementarorganismen. — Sitzungsber. der k. k. Akad. d. Wissensch. in Wien. XLIV. Bd.

[2]) Bericht über die Fortschritte u. s. w. 1866.

[3]) Handbuch der Gewebelehre. 5. Auflage 1867.

der in eine Papierdüte gefüllt und dann mit dem Objecte bis zur Erlangung einer passenden Consistenz in Alkohol gelegt wurde. (Stricker).

Für die Färbung war die Infiltration mit Carmin am besten. Anilinroth gab zwar manchmal noch schönere Färbungen, aber das Resulat war nicht so sicher, wie beim Carmin.

$AuCl_3$ von der Concentration 1 : 200, worin die Schnitte 1—2 Stunden gelassen und 24 Stunden lang dem Lichte exponirt wurden, gab eine äußerst prägnante schön dunkelviolette Färbung alles Protoplasma's, doch leiden die Bilder an einer bedeutenden Unreinheit, die dieser Methode von ihrem practischen Werthe raubt.

Ich komme nun dazu, den Hergang bei der Bildung der Sehne nach meinen Beobachtungen zu beschreiben.

Bei ganz jungen Embryonen, bei denen sich eben, obwohl oft noch schwer, die Sehne unterscheiden läßt, besteht dieselbe aus zahreichen enge aneinanderliegenden Zellen mit sehr deutlichem, großem Kern und Kernkörperchen (Fig. I *a*). Von zwei entgegengesetzten Punkten der Zellen gehen parallel der Richtung der Sehne zwei Fortsätze aus, die noch die körnige Structur des Protoplasma's deutlich erkennen lassen; Theilung oder Zerspaltung, wie Schwann zu sehen glaubte, zeigen diese Fortsätze aber nicht.

Wie schon erwähnt, sind diese Zellen enge angeordnet und schieben ihre Fortsätze zwischen die anderen naheliegenden Zellen hinein. Womit die dazwischen noch übrig bleibenden engen Räume ausgefüllt sind, läßt sich nicht mit Bestimmtheit sagen. Man sieht in ihnen weder Körner noch Streifen, die auf eine Faserung hindeuteten. Oft liegt der Kern nicht im Centrum der Zelle, so daß beide Fortsätze eine einzige Faser auszumachen scheinen, der der Kern seitwärts aufsitzt.

Es sind aber auch deutlich von diesen eigentlichen Zellen für die Sehne zu unterscheiden jene Zellen, die bestimmt sind, das Bindegewebe zu bilden, das die einzelnen Sehnenbündel umhüllt. (Fig. I *b*, Fig. IV.)

Auch sie besitzen große Kerne und Kernkörperchen und sind vorzugsweise nach zwei Seiten, die aber auf der Richtung der Sehne senkrecht stehen, ausgewachsen.

Sie machen sich sehr leicht kenntlich durch die Fortsätze, welche einmal schon viel breiter als bei jenen sind und sich bald und

wiederholt dichotomisch theilen. Letztere Art von Zellen zeigt auch im Ganzen sehr viel Ähnlichkeit mit einer platt-ausgebreiteten Amöbe, womit auch M. Schultze die jungen Zellen vergleicht.

Die Entwicklung schreitet nun folgendermaßen weiter:

Die anfangs kurzen Fortsätze werden länger, wobei sie sich so differenziren, daß nur der dem Kerne näher liegende Theil das körnige Ansehen und die Reactionen des Protoplasma behält, die peripherische Partie aber homogen wird.

Dann legen sich mehrere derselben aneinander, werden durch unbemerkbar kleine Mengen der Zwischensubstanz fest aneinander gekittet, und bilden so die Sehnenbündel erster Ordnung, an denen natürlich auch die Kerne liegen. — Versucht man es solch ein Bündel zu zerfasern, so gelingt es häufig einen Kern so von einem Fortsatze loszureißen, daß er nun vom Bündel weggezogen werden kann, mittelst des anderen Fortsatzes aber noch in Verbindung mit demselben bleibt (Fig. II., Fig. VI). Drückt man leise auf das Deckglas, so flottirt der Kern in der Flüssigkeit, so daß der unzweifelhafte Zusammenhang zwischen Kern und Fasern feststeht.

Diese primären Bündel werden wieder von etwas größeren Mengen Zwischensubstanz getrennt, die zu dem mosaikartig gepflasterten Ansehen der Sehne am Querschnitt Anlaß geben. Zwischen Gruppen solcher Bündel treten Züge von Bindegewebe, dessen Faserrichtung mit der Sehne einen rechten Winkel einschließt, dieses Bindegewebe bildet dadurch die Bündel zweiter Ordnung, die es umhüllt, daher ich es kurz umhüllendes Bindegewebe nennen werde.

Auf solche Weise schreitet die Entwicklung bis etwa um die Mitte des Embryonallebens fort. In dieser Periode hat die Sehne ein Ansehen erlangt, das sie im Allgemeinen nun beibehält.

Der Längsschnitt zeigt die sanft wellig gekrümmten Bündel an denen in auffällig constanter Reihe die Kerne liegen.

Zerfasert man einen solchen Längsschnitt (Fig. XIV), so können die Kerne so weit isolirt werden, um zu sehen, daß den meisten nach einer Seite mehr Protoplasma anhängt, so daß dieses einen körnigen gewöhnlich lanzettförmigen Fortsatz bildet, der sich erst in der Faser auszieht.

Nach allen anderen Richtungen umgibt das Protoplasma den Kern in gleich dünner Schichte, die andere Faser entspringt daher gleich schmal und dünn. — An dem unzerfaserten Längsschnitt,

erscheint dieser breitere Fortsatz zusammengedrückt von den anliegenden Faserbündeln nur wie eine vom Kerne ausgehende Reihe von Körnern, die auch vielfach mißverstanden worden ist.

Das entsprechende Bild zum Längsschnitt gibt der Querschnitt (Fig. VII, VIII, IX, XIII *t*). — Er zeigt die Bündel in der oben erwähnten Anordnung, die Kerne, das umhüllende Bindegewebe (*u*), in dem noch ziemlich viele Gefäße und auch Nerven verlaufen.

Die Kerne liegen aber meist so an dem Kreuzungspunkte mehrerer Contouren von primären Bündeln, daß ein leiser Druck auf das Präparat oder Zerrung genügt, die Bündel so weit zu trennen, daß die Contouren mit dem Kerne eine sternförmige Figur geben.

Es resultirt daher, für die so vielseitig gedeuteten Bindegewebskörperchen keine andere richtige Erklärung, als die, welche auch Max Schultze (a. a. O.) von ihnen gibt. Er sagt:

„Es bleiben auch bei den Zellen, deren Protoplasma sich in fibrilläres Bindegewebe umwandelt, außer dem Kerne noch ein Wenig unverändertes Protoplasma übrig, welches ersteren in freilich oft nur sehr geringer Menge umgibt, — das sind die Bindegewebs- oder Sehnenkörperchen.

Die Bindegewebszellen scheinen auch die Fähigkeit zu besitzen sich durch Proliferation zu vermehren.

Es sind mir nämlich einige Male Bilder untergekommen, wo zwei schon ganz ausgebildete Zellen mit Kernen, durch einen körnigen Protoplasmafortsatz miteinander in Verbindung standen (Fig. IV).

An einem älteren Embryo an einer Stelle, die Neubildung zeigte, war eine Zelle (Fig. V) sichtbar, deren eine Fortsatz eine Strecke von dem Kerne entfernt eine kleine körnige Anschwellung zeigte; dies dürfte der Anfang gewesen sein zu einer neu sich bildenden Zelle.

Doch sind im Allgemeinen diese Fälle von Vermehrung der Zellen nicht häufig an der Sehne zu sehen.

Eine andere Eigenthümlichkeit dieser Zellen, besonders so lange sie noch jung sind, besteht darin, daß der Kern öfter aus dem umgebenden Protoplasma herausfällt, ohne einen Riß zu hinterlassen, so daß blos die Stelle mehr kenntlich ist, wo der Kern früher gelegen hatte.

Dies mag ein Grund mehr sein die Unhaltbarkeit jener, nun von den meisten Histologen aufgegebenen, Theorie darzuthun, welche eine Zellmembran für ein nothwendiges Attribut jeder Zelle hält.

Nachdem ich nun die Entwicklung der Sehne von den ersten Anfängen an durchgegangen und gezeigt habe, daß schon um die Mitte des Embryonallebens ein Punkt erreicht ist, von welchem an das Ansehen der Sehne sich wenig mehr ändert, mußte es sich fragen, auf welche Weise denn das Wachsthum derselben zu Stande käme.

Das Längenwachsthum war leicht zu erklären durch stete Verlängerung, — stets weiteres Wachsen, — der zu Bündeln vereinigten Fortsätze. — Dabei scheint bis zu einer gewissen Periode eine gesetzmäßige Verschiebung der Elemente nebeneinander zu bestehen, auf der die Anordnung der Kerne in Reihen beruht.

Nicht so leicht ist es das Wachsen in die Dicke zu verstehen; zwar wachsen die Bündel auch in die Dicke, doch ist dies so unbedeutend im Verhältniß zu der starken Dickenzunahme der Sehne, daß, wie schon Kölliker [1]) bemerkt, noch neue Fasern auftreten müssen. Es müssen sich aber dann die Stellen finden lassen, von denen diese Neubildungen ausgehen.

Der Querschnitt durch einen Theil der Achillessehne eines 35 Centim. langen Rindsembryos (Fig. VII) zeigt mit Carmin behandelt einmal in dem breiten Zuge querlaufenden Bindegewebes, mehrere fast ganz parallele stark infiltrirte Streifen (*s*), so wie zwischen den Bündeln niederer Ordnung an vielen Punkten ebenfalls stark infiltrirte längliche oder runde Stellen (*i*).

Die Streifen lösen sich bei starker Vergrößerung in ein Band zahlreicher junger Zellen auf (Fig. IX, X *s*), die anderen stark gefärbten Stellen sind entweder ähnliche Kerngruppen (Fig. VIII *i*), querdurchschnittene Gefäße und Nerven- oder Muskelfasern [2]).

---

[1]) Handbuch der Gewebelehre. 2. Auflage, Seite 209.

[2]) Es erstrecken sich nämlich noch bis über die Hälfte der Sehne in den breiteren Bindegewebszügen, Gruppen von Muskelfasern, im weiteren Verlauf gegen den Ansatzpunkt hin nur mehr zu wenigen vereint. — Diese Muskelfasern zeichnen sich nun bei den Sehnen der Beuger und Strecker der Extremitäten, ausgenommen der Achillessehne, dadurch aus, daß bei den meisten ein Kern in der Mitte der Faser, ein oder zwei andere Kerne am Rande liegen (Fig. XIII). Rollet (Wiener Sitzungsber. 1857) hat ein ähnliches Verhalten der Muskelkerne an dem Brustmuskel der Tauben beschrieben. — An einem Embryo von 35. Centim. besitzen die erwähnten Muskelfasern mit dem Kerne im Inneren der contractilen Substanz einen Mitteldurchmesser von 0·021 Millim., hingegen schwanken die Fasern, deren Kern am Rande liegt zwischen 0·008—0·014 Millim., im Mittel 0·011 Millim., erst beim

Ich glaube, es kann wohl kein Zweifel sein diese Anhäufung junger Zellen als Neubildung anzusehen; fraglich wäre hiebei nur, was aus diesen Zellen wird. — Offenbar kann man hier nur zwischen Sehnengewebe und umhüllendem Bindegewebe schwanken.

Dieselben Unterschiede, die sich uns aber bei der ersten Entwicklung dieser beider Arten von Geweben darboten, werden wir hier wieder benützen müssen.

Macht man durch solch' einen Zellenstreifen, oder eine solche Insel von Zellen einen dünnen Längsschnitt, so gelingt es die spindelförmigen Zellen so angeordnet zu sehen (Fig. XII. *s*), daß ihre Fortsätze in einer Richtung mit den Sehnenfasern verlaufen, übrigens erinnert die enge Anordnung ganz an die Bilder, die Sehnen von den jüngsten Embryonen liefern. Der Querschnitt hingegen zeigt, wenn er gehörig dünn ist, daß diese Zellen ebenso wie die Sehnenkörperchen auch der Quere nach getroffen sind (Fig. VIII *i*, Fig. IX X *s*).

Erinnern wir uns, daß die Zellen für das umhüllende Bindegewebe quer gestellt sind, daß ihre Fortsätze breit und vielfach getheilt sind, daher ihnen auch nicht die Spindelform zukommt, so müssen wir uns der Meinung hingeben an diesen Nestern von Zellen es mit den Herden der Neubildung für die eigentlichen Sehnenfasern zu thun zu haben.

Noch mehrere Umstände bestärken diese Ansicht. – Fig. X zeigt einen Querschnitt, an dem *s* einen Streifen von Zellen darstellt, parallel mit ihm liegt, auch der Form nach mit ihm übereinstimmend, der Streifen *n*, der bereits deutlich aus Sehnenfasern besteht. Da an allen Schnitten sich eine Differenz in dem Grade der Entwicklung an verschiedenen Stellen zeigte, so liegt es nahe den Streifen *n* als Abkömmling eines ähnlichen Streifens wie *s* ist zu erklären. Natürlich kann dies nur Vermuthung sein, aber eine solche, die in der Natur der Dinge begründet ist, und der keine Thatsache widerspricht.

Ebenso ist in Fig. XI ein Stückchen eines Längsschnittes, durch das umhüllende Bindegewebe angelegt. Es ist die Ähnlichkeit mit dem Längsschnitt einer noch nicht vollkommen entwickelten Sehne auffallend.

---

behaarten Rindsembryo sind beide Arten gleich geworden. Beide haben einen Mitteldurchmesser von 0·021 Millim.

Bei der Achillessehne ist diese Differenz der Muskelfasern nicht vorhanden.

Da nun auch Zerfaserungen dieser Stellen an älteren Embryonen gleiche Bilder geben, wie Zerfaserungen der Sehne an ganz jungen, so kann ich nicht anstehen, diese oben näher beschriebenen Stellen im umhüllenden Bindegewebe, für die Ausgangspunkte der Neubildung zu erklären.

Schlussfolgerungen.

Es ergibt sich also kurz:

1. Die Sehnenfasern entwickeln sich nicht aus der Zwischensubstanz sondern aus den Bildungszellen.

2. Die Bindegewebskörperchen sind nichts anderes, als diese Bildungszellen, nachdem sie die Fasern ausgeschickt haben.

3. Die Sehne verdickt sich im Laufe der Entwicklung durch Bildung neuer Bündel, welche theils zwischen den alten und dem umhüllenden Bindegewebe, theils im umhüllenden Bindegewebe selbst entstehen.

Erklärung der Abbildungen.

I. Bildungszellen eines 4 Centim. langen Schweinsembryonen.
a) Für die Sehne.
b) Für umspinnendes Bindegewebe.

II. Zellen der Sehne, ein Fortsatz ist abgerissen, mit dem anderen hängen sie noch an dem Bündel von einem 8 Centim. langen Rindsembryo.

III. Zelle des umgebenden Bindegewebes vom 9 Tage alten Huhnembryo.

IV. Zwei durch einen Protoplasmafortsatz verbundene Zellen vom Rindsembryo 8 Centim. lang.

V. Eine Zelle mit einer Protoplasma-Anschwellung an einem Fortsatz von einem 67 Centim. langen Rindsembryo, aus einer Stelle, die in Neubildung begriffen ist.

VI. Zelle, deren Kern herausgefallen, Sehne eines Rindsembryo's 8 Centim.

VII. Querschnitt der Sehne eines Rindsembryo's von 35 Centim. Länge. *t* Sehnenbündel, *u* umgebendes Bindegewebe, *s* Streifen und *i* Inseln von jungen Zellen.

VIII. Insel von Zellen (*i*) von einem 67 Centim. langen Rindsembryo.

IX. Streifen von Zellen von demselben.

X. Muthmaßlich neugebildeter Sehnenstreifen (*n*) von demselben.

XI. Feiner Längsschnitt durch ein sich neu bildendes Sehnenbündel von demselben.

XII. Längsschnitt durch einen aus jungen spindelförmigen Zellen bestehenden Streifen (*s*); in der Nähe verlaufen zwei Muskelfasern (*m*) von demselben.

XIII. Querschnitt durch Muskelfasern deren Kerne in der Mitte liegen (*m*) aus einem Strecker des Fusses von demselben.

XIV. Zerfaserter Längsschnitt von demselben.

Aus der k. k. Hof- und Staatsdruckerei in Wien.



Gez. v. Verf. lith. v. Dr. C. Heitzmann

Aus d. k. k. Hof-u. Staatsdruckerei